

CLIPPEDIMAGE= JP408163048A  
PAT-NO: JP408163048A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08163048 A  
TITLE: OPTICAL NETWORK AND ACCESS PROTOCOL

PUBN-DATE: June 21, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KITAYAMA, KENICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> N/A

APPL-NO: JP06295367

APPL-DATE: November 29, 1994

INT-CL\_(IPC): H04B010/20; H04J014/00 ; H04J014/02 ; H04L012/44

ABSTRACT:

PURPOSE: To prevent collision of packets by discriminating the intensity of a detection signal and allowing the transmission from a transmission node when the intensity is a threshold level or below.

CONSTITUTION: A collision prevention circuit 7-k receives a control packet from each transmitter received via a control use passive star coupler 2-2 and a data packet received from a photoelectric converter 71 converts them into electric signals. The signal is detected at a mixer 72 by using a local oscillation signal whose frequency is  $f_{ij}$  and a band-pass filter 73 eliminates the undesired component. The detection signal is integrated by a integration device 74 over a consecutive time of a control packet and its output is given to an identification device 75, where the signal is discriminated with a threshold level. When no packet directed to a receiver 6-ij is in existence in the network, an output of the integration device 74 is a threshold level or below and a switch 75 of a transmitter 1-k is thrown to the position of the star coupler 2-1 by an output of the identification device 75 to set a transmission enable state.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-163048

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 6 月 21 日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 B 10/20

H 0 4 J 14/00

14/02

H 0 4 B 9/ 00

N

E

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-295367

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 11 月 29 日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 北山 研一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

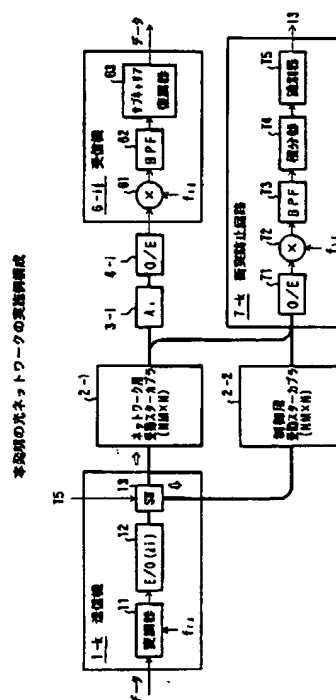
(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

(54) 【発明の名称】 光ネットワークおよびアクセスプロトコル

(57) 【要約】

【目的】 波長選択送信／固定波長受信方式をとる WDM / SCM ネットワークにおいて、パケットの衝突を防止できる光ネットワークおよびアクセスプロトコルを実現する。

【構成】 相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数・波長で変調された光信号を送信する複数の送信ノードと、所定の波長の光信号を電気信号に変換しそれぞれ所定のサブキャリア周波数の電気信号を復調する複数の受信ノードと、複数の送信ノードから送信された光信号を混合し複数の受信ノードに向けて分配する受動スターカプラとを備えた光ネットワークにおいて、受動スターカプラを介して送出される光信号を受光し、その電気信号を相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数で検波し、その検波信号の強度を識別判定し、その強度が閾値以下のときに送信ノードからの送信を許可する衝突防止回路を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数および波長で変調された光信号を送信する複数の送信ノードと、

所定の波長の光信号を電気信号に変換し、さらにそれぞれ所定のサブキャリア周波数の電気信号を復調する複数の受信ノードと、

前記複数の送信ノードから送信された光信号を混合し、前記複数の受信ノードに向けて分配する受動スターカプラとを備えた光ネットワークにおいて、

前記受動スターカプラを介して送出される光信号を受光し、変換された電気信号を相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数で検波し、その検波信号の強度を識別判定し、その強度が閾値以下のときに前記送信ノードからの送信を許可する衝突防止回路を備えたことを特徴とする光ネットワーク。

【請求項2】 請求項1に記載の光ネットワークで受信ノードで生じる光信号の衝突を防止するアクセスプロトコルにおいて、

送信ノードから相手先ノードへデータ光信号を送信する前に、相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数および波長で変調された制御光信号を送信する手順と、

前記送信ノードに備えられた衝突防止回路で、ネットワーク中に存在するデータ光信号および制御光信号の中から相手先ノードに対する光信号の有無を検出する手順と、

前記相手先ノードに対する光信号がないときに、送信ノードから相手先ノードへデータ光信号を送信できる状態に設定する手順とを備えたことを特徴とするアクセスプロトコル。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ローカルエリアネットワーク（LAN）あるいはこれらを複数結合した都市規模内ネットワーク（MAN）に適用される光ネットワークおよびアクセスプロトコルに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 波長多重（WDM）伝送は、光キャリアの周波数（波長）が異なる多数の光信号を1本の光伝送路に送信し、受信側で光キャリアの周波数を選択することにより通信を行う。この波長多重ネットワークにおけるアクセス方法を波長多重アクセス（WDMA）という。光ファイバは、 $1.55\mu\text{m}$ を中心とする低損失な波長帯域が3～4THz（～30nm）と広いので、光源の波長間隔を10GHzとすると約200チャンネルが確保できる。

【0003】 図3は、波長多重ネットワークの基本構成を示す。図において、81-1～81-Nはノード、82は受動スターカプラ、83は各ノード81-1～81-Nと受動スターカプラ82とを接続する上り下り1対

の光伝送路である。各ノード81-1～81-NのTは送信機、Rは受信機である。各ノード81-1～81-Nから送信された光信号は、受動スターカプラ82でその光電力が均等に分配され、すべてのノードに到達する。したがって、一般的には各ノードの送信機Tまたは受信機Rに適当なチャンネル選択機能を備えていれば、任意のノード間の通信が実現できる。

【0004】 このチャンネル選択の方法および手順を示すのがアクセスプロトコルであり、次の2つがよく知られている。

①ノードごとに固有の送信波長を設定し、受信側で波長を選択することにより所定のノードからの信号を受信する固定波長送信／波長選択受信方式（図3（a））。

【0005】 ②ノードごとに固有の受信波長を設定し、送信側で波長を選択することにより所定のノードへ信号を送信する波長選択送信／固定波長受信方式（図3（b））。固定波長送信／波長選択受信方式は、受信機に高速の波長選択機能が要求される。しかし、現状の音響光学可変波長フィルタの応答速度は数十μ秒程度と遅く、高速のビットレートには適用できない。たとえば、1Gb/sで送信できるバケット長は10000ビット以上でなければならない。

【0006】 波長選択送信／固定波長受信方式は、送信機に掃引波長範囲の広い光源が要求される。しかし、現状では半導体レーザの掃引波長範囲が10nm程度しか得られていないので、確保できるチャンネル数が高々60であり、伝送帯域内のすべてのチャンネルをカバーできなかった。なお、掃引波長範囲が30nmにも及ぶ超周期構造回折格子DBRレーザが開発されているが連続的な掃引が不可能であり、また掃引方法も4種類の注入電流を独立に制御する必要があった。

【0007】 また、波長選択送信／固定波長受信方式は、送信側で受信ノードが受信できる波長を選択してデータを送信すればよいので、固定波長送信／波長選択受信方式に比べてチャンネル選択は容易である。しかし、複数のノードから1つのノードに同時にバケットを送信すると、バケットの衝突が生じる問題があった。これを回避する方法の1つに、送信側において、アクセスしようとする受信ノードに割り当てられた波長をモニタし、空き状態あるいはヘッダまたはデータを受信中でないときに送信を開始する方法がある。これにより、ネットワーク内に不要なバケットが流入しないようにして衝突を回避する。なお、ネットワーク中のヘッダは、それぞれ制御用の受動スターカプラを介して送信ノードのバケット検出回路に取り込まれる。

【0008】 ところで、波長多重伝送では、確保できるチャンネル数が光ファイバの波長帯域によって制限される問題がある。すなわち、ユーザの数が増えるごとに新たな波長を設定する必要があるが、利用できる波長帯域が限られている場合には追加できる新規のノード数が制限

され、ネットワークの規模の拡大が困難であった。特に、波長選択送信／固定波長受信方式では、送信機の掃引波長範囲の制限もあってチャネル数の増加は容易ではなかった。これを解決する方法の1つは、波長の再利用を行うマルチホップである。しかし、この方法は1ノード当たり2つの送信機と2つの受信機を要するのでコストが高くなる問題があった。

【0009】一方、サブキャリア多重(SCM)は、1つの波長に対してM個のサブキャリア周波数を使用することができるので、チャネル数をM倍に増加することができる。このサブキャリア多重(SCM)と波長多重(WDM)とを併用したいわゆるWDM/SCM方式は、波長多重方式のチャネル不足の欠点を補うことができる。

【0010】図4は、WDM/SCM方式における波長およびサブキャリア周波数の配置例を示す。N個の波長 $\lambda_i$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) それぞれに対してM個のサブキャリア周波数 $f_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, N, j=1, 2, \dots, M$ ) を使用すると、合計で $M \times N$ のチャネルを確保することができる。これらの波長とサブキャリアのスペクトルを図5に示す。

【0011】等間隔に配置した波長列と、同じく等間隔に配置したサブキャリア周波数列の交点が、使用する波長とサブキャリア周波数の対を表している。ただし、使用するサブキャリア周波数はすべて異なるものでなければならない。たとえば、波長選択送信／固定波長受信方式をとるノード#ijの送信機Tにおいて、データで周波数 $f_{ij}$ のサブキャリアを変調し、この信号で波長 $\lambda_i$ のレーザ光を変調して送信する場合には、(波長, サブキャリア周波数) = ( $\lambda_i, f_{ij}$ ) のチャネルを使用することになる。

【0012】図6は、WDM/SCMネットワークの構成(波長選択送信／固定波長受信方式)を示す。ここでは、一方の伝送方向についての構成のみを示す。図において、ネットワーク用の受動スターカプラ2-1を介して、送信機1-11~1-NMと、透過波長が $\lambda_1 \sim \lambda_N$ にそれぞれ設定された波長フィルタ3-1~3-Nが接続される。波長フィルタ3-1~3-Nには、それぞれ光電気変換器4-1~4-Nが接続される。光電気変換器4-1には、マイクロ波電力分配器5-1を介して、サブキャリア周波数 $f_{11} \sim f_{1M}$ の信号を受信するM個の受信機6-11~6-1Mが接続される。同様に、光電気変換器4-Nには、マイクロ波電力分配器5-Nを介して、サブキャリア周波数 $f_{N1} \sim f_{NM}$ の信号を受信するM個の受信機6-N1~6-NMが接続される。

【0013】ここで、送信機1-11から受信機6-1Mに信号を送る場合について説明する。送信機1-11は、データで周波数 $f_{11}$ のサブキャリアを変調し、この信号で波長 $\lambda_1$ のレーザ光を変調して送信する。この光信号は、受動スターカプラ2-1を介して各波長フィルタに

分配され、透過波長 $\lambda_1$ の波長フィルタ3-1を透過して光電気変換器4-1に受光される。光電気変換器4-1から出力される電気信号は、マイクロ波電力分配器5-1を介して各受信機に入力され、受信機6-1Mでサブキャリア周波数 $f_{11}$ の信号が復調される。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】波長多重(WDM)方式では、チャネル数が光ファイバの波長帯域により制限され、ノード数の増加が困難でネットワーク規模を容易に拡大することができなかった。特に波長選択送信／固定波長受信方式はチャネル選択が容易であるものの、送信機の掃引波長範囲の制限によりチャネル数の増加は困難であった。

【0015】一方、WDM/SCM方式はチャネル数の増加は可能であるが、現状では波長選択送信／固定波長受信方式におけるパケットの衝突を回避するアクセスプロトコルが確立されていない。すなわち、波長選択送信／固定波長受信方式では、複数のノードから1つのノードに同時にパケットを送信すると、パケットの衝突が生じて受信不能になる。この衝突を防止するためには、送信に先立って受信ノードの空状態を確認する必要がある。

【0016】本発明は、波長選択送信／固定波長受信方式をとるWDM/SCMネットワークにおいて、パケットの衝突を防止できる光ネットワークおよびアクセスプロトコルを提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数および波長で変調された光信号を送信する複数の送信ノードと、所定の波長の光信号を電気信号に変換し、さらにそれぞれ所定のサブキャリア周波数の電気信号を復調する複数の受信ノードと、複数の送信ノードから送信された光信号を混合し、複数の受信ノードに向けて分配する受動スターカプラとを備えた光ネットワークにおいて、受動スターカプラを介して送出される光信号を受光し、変換された電気信号を相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数で検波し、その検波信号の強度を識別判定し、その強度が閾値以下のときに送信ノードからの送信を許可する衝突防止回路を備える。

【0018】また、光ネットワークで受信ノードで生じる光信号の衝突を防止するアクセスプロトコルは、送信ノードから相手先ノードへデータ光信号を送信する前に、相手先ノードに割り当てられたサブキャリア周波数および波長で変調された制御光信号を送信する手順と、送信ノードに備えられた衝突防止回路で、ネットワーク中に存在するデータ光信号および制御光信号の中から相手先ノードに対する光信号の有無を検出する手順と、相手先ノードに対する光信号がないときに、送信ノードから相手先ノードへデータ光信号を送信できる状態に設定

する手順とを備える。

#### 【0019】

【作用】本発明の光ネットワークおよびアクセスプロトコルは、送信ノードで相手先ノードに割り当てているサブキャリア周波数の信号をモニタし、相手先ノードへの光信号が光ネットワーク内に存在しているか否かを検出する。その判定は、サブキャリア周波数の信号強度を閾値と比較して行う。ここで、相手先ノードへの光信号が光ネットワーク内にないと判定されたときに、送信ノードから相手先ノードへデータ光信号を送信できる状態に設定する。これにより、受信ノードで生じる光信号の衝突を防止することができる。

#### 【0020】

【実施例】図1は、本発明の光ネットワークの実施例構成を示す。本実施例では、図6に示すWDM/SCMネットワークの1つの送信機1-kと、1つの波長フィルタ( $\lambda_i$ )3-iおよび光電気変換器4-iと、1つの受信機6-ijを示す。送信機1-kから送信されたデータパケットは、ネットワーク用の受動スターカブラ2-1を介して波長フィルタ( $\lambda_i$ )3-iに入力される。また、送信機1-kから送信された制御パケットは、制御用の受動スターカブラ2-2を介して対向する衝突防止回路に入力される。ここでは便宜上、送信機1-kに対応する衝突防止回路7-kを示す。また、衝突防止回路7-kには、ネットワーク用の受動スターカブラ2-1の出力が分岐し、制御用の受動スターカブラ2-2の出力と合流して入力される。

【0021】送信機1-kは、サブキャリア( $f_{ij}$ )をデータで変調する変調器11と、その変調信号を波長 $\lambda_i$ の光信号に変換する電気光変換器(E/O)12と、その光信号をネットワーク用の受動スターカブラ2-1または制御用の受動スターカブラ2-2に切り替えて送出するスイッチ13とにより構成される。受信機6-ijは、光電気変換器(O/E)4-iの出力信号をサブキャリア( $f_{ij}$ )で検波するミキサ61と、帯域通過フィルタ(BPF)62と、サブキャリア復調器63とにより構成される。

【0022】衝突防止回路7-kは、入力される光信号を電気信号に変換する光電気変換器(O/E)71と、その出力信号をサブキャリア( $f_{ij}$ )で検波するミキサ72と、帯域通過フィルタ(BPF)73と、その出力信号を制御パケットの継続時間にわたって積分する積分器74と、その結果を閾値判定する識別器75とにより構成される。衝突防止回路7-kの識別器75の出力信号は、対応する送信機1-kのスイッチ13の切り替えに用いられる。

【0023】この衝突防止回路を用いたパケットの衝突を防止するアクセスプロトコルは、次の手順で行われる。

① 送信機1-kに対応する衝突防止回路7-kで、ネ

ットワーク中のすべてのデータパケットおよび制御パケットの中から、相手先ノードに向けたパケットの有無を検出する。

【0024】② 相手先ノードに向けたパケットがないときに、送信機7-kのスイッチ13をネットワーク用の受動スターカブラ2-1側に切り替える。

③ 送信機7-kからネットワーク用の受動スターカブラ2-1へデータパケットの送信を開始する。

以下、衝突防止回路7-kの動作例について説明する。

【0025】まず、送信機1-kは、アクセスに必要な情報(送信先アドレス、送信波長、その他)を受信機6-ijに付与された周波数 $f_{ij}$ のサブキャリアに重畳し、これを波長 $\lambda_i$ の光信号に変換して制御パケットを生成する。この制御パケットはデータパケットに先立って、スイッチ13を介して制御用の受動スターカブラ2-2に送信される。

【0026】一方、衝突防止回路7-kは、制御用の受動スターカブラ2-2を介して入力される各送信機からの制御パケットと、ネットワーク用の受動スターカブラ2-1から入力されるデータパケットを取り込み、光電気変換器71で電気信号に変換する。この電気信号をミキサ72で周波数 $f_{ij}$ の局発信号を用いて検波し、帯域通過フィルタ73で不要成分を除去する。この検波信号を積分器74で制御パケットの継続時間にわたって積分し、その出力を識別器75で閾値判定する。ここで、ネットワーク内に受信機6-ijに向けたパケットが存在しない場合には、積分器74の出力が閾値以下となり、識別器75の出力に応じて送信機1-kのスイッチ75をネットワーク用の受動スターカブラ2-1側に切り替え、データパケットを送信可能な状態に設定する。

【0027】次に、WDM/SCMネットワークの総チャンネル数、すなわち波長数 $N \times$ サブキャリア数 $M$ の取りうる範囲について説明する。1つの光源に対して $M$ 個のサブキャリアを多重すると、その光パワーは $1/2M^2$ に減少する。したがって、これを補償するために増幅が必要となる。図2は、一定の誤り率( $10^{-9}$ )に対して、総チャンネル数1000を達成する波長数 $N$ とサブキャリア数 $M$ の関係を示す。増幅器の利得 $G$ が20dB程度あれば、1000チャンネルは実現可能であることがわかる。ただし、サブキャリア数 $M$ が少ない程、増幅器の利得 $G$ が小さくなる傾向があるので $M < N$ とする必要がある。なお、現状のエルビウムドープファイバを用いた光増幅器では、1.55 $\mu$ m帯で20dBの利得が得られている。

#### 【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、波長選択送信/固定波長受信方式をとるWDM/SCMネットワークにおいて、送信ノードで相手先ノードに割り当てているサブキャリア周波数の信号をモニタする。ここで、相手先ノードへの光信号が光ネットワーク内にないと判定されたときに送信ノードから相手先ノードへデータ光

7

信号を送信することにより、受信ノードで生じる光信号の衝突を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ネットワークの実施例構成を示す図。

【図2】総チャネル数1000を達成する波長数Nとサブキャリア数Mの関係を示す図。

【図3】波長多重ネットワークの基本構成を示す図。

【図4】WDM/SCM方式における波長およびサブキャリア周波数の配置例を示す図。

【図5】WDM/SCM方式における波長とサブキャリアのスペクトルを示す図。

【図6】WDM/SCMネットワークの構成（波長選択送信／固定波長受信方式）を示す図。

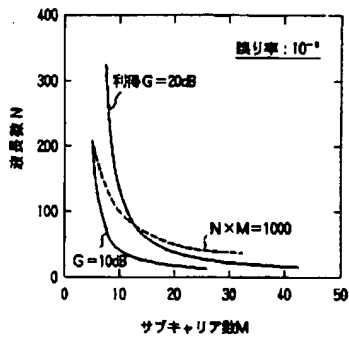
【符号の説明】

- 1 送信機
- 2 受動スターカプラ
- 3 波長フィルタ

- 4 光電気変換器 (O/E)
- 5 マイクロ波電力分配器
- 6 受信機
- 7 衝突防止回路
- 11 変調器
- 12 電気光変換器 (E/O)
- 13 スイッチ
- 61 ミキサ
- 62 帯域通過フィルタ (BPF)
- 63 サブキャリア復調器
- 71 光電気変換器 (O/E)
- 72 ミキサ
- 73 帯域通過フィルタ (BPF)
- 74 積分器
- 75 識別器
- 81 ノード
- 82 受動スターカプラ
- 83 光伝送路

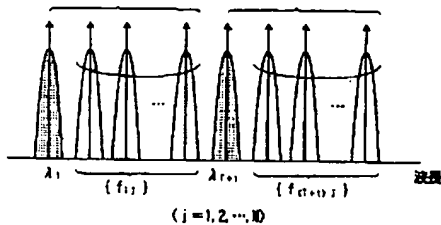
【図2】

総チャネル数1000を達成する波長数Nとサブキャリア数Mの関係



【図5】

WDM/SCM方式における波長とサブキャリアのスペクトル

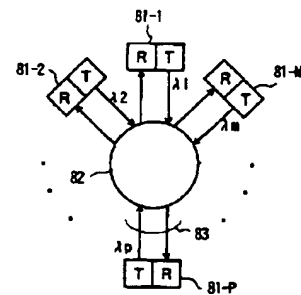


8

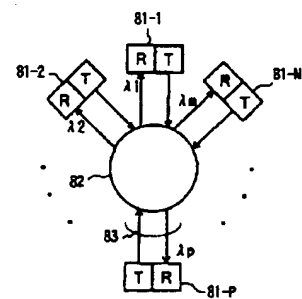
【図3】

波長多重ネットワークの基本構成

(a)

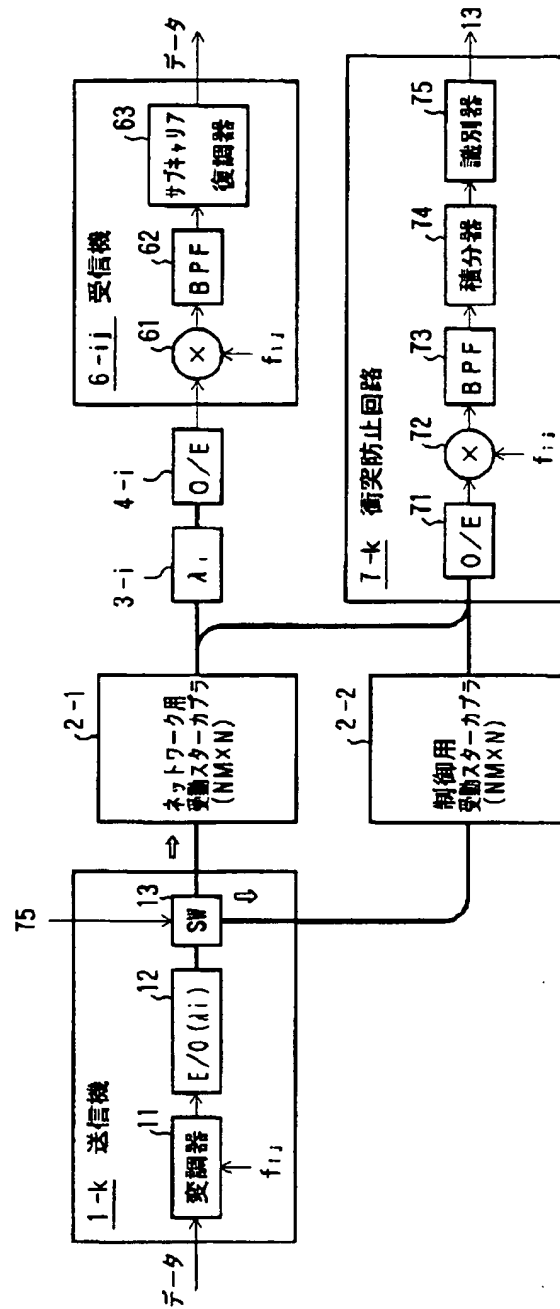


(b)



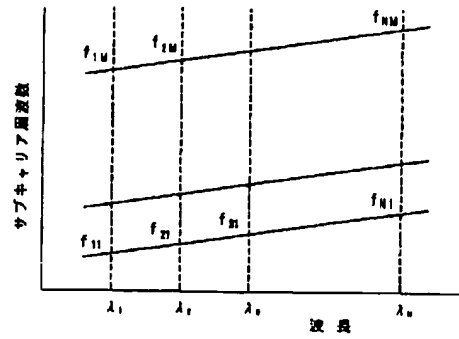
【図1】

## 本発明の光ネットワークの実施例構成



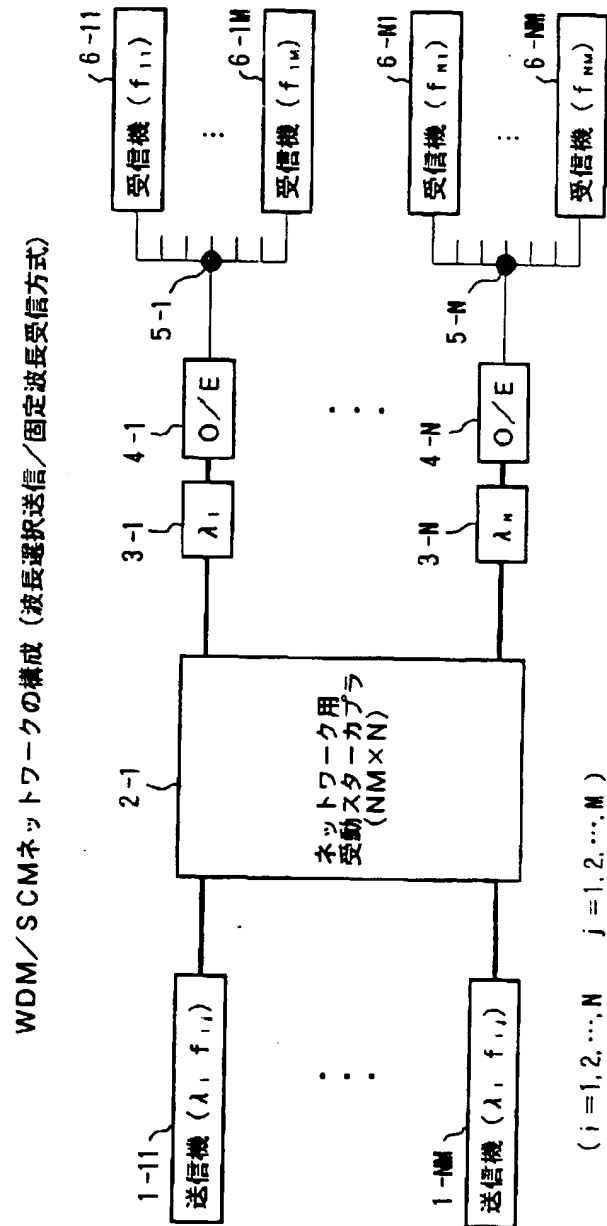
【図4】

WDM/SCM方式における波長およびサブキャリア周波数の配置例





【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H04L 12/44

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

H04L 11/00

340